

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-297343

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 M 8/24  
8/02

H 0 1 M 8/24  
8/02

E  
E  
K  
B

8/12

8/12

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平10-102935

(22) 出願日

平成10年(1998) 4 月14日

(71) 出願人 000221834

東邦瓦斯株式会社

愛知県名古屋市熱田区桜田町19番18号

(72) 発明者 水谷 安伸

愛知県東海市新宝町507-2 東邦瓦斯株  
式会社総合技術研究所内

(72) 発明者 河合 雅之

愛知県東海市新宝町507-2 東邦瓦斯株  
式会社総合技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 上野 登 (外1名)

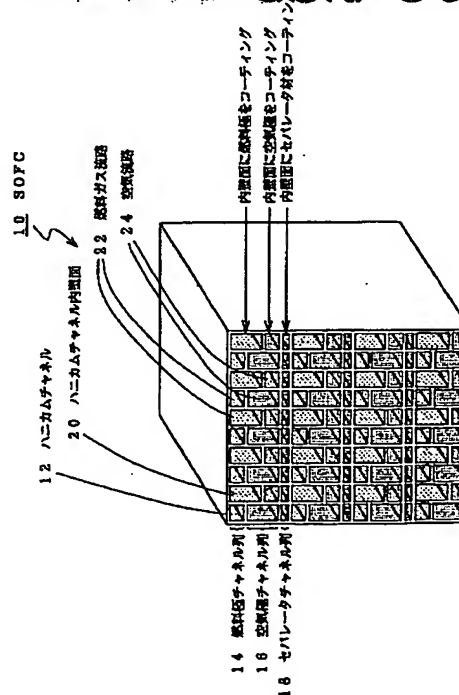
(54) 【発明の名称】 ハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池

(57) 【要約】

【課題】 ハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池 (S O F C) において、燃料電池として動作する面を凹凸にすることにより、電池の有効面積を増大させ、発電性能の高い S O F C を提供すること。

【解決手段】 断面多角形状をした多数のハニカムチャネル 1 2、1 2…が縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成し、ハニカムチャネル 1 2、1 2…内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャネル列 1 4、1 4…と空気極が設けられた空気極チャネル列 1 6、1 6…とセパレータが設けられたセパレータチャネル列 1 8、1 8…とが順次積層状に形成されると共に、燃料極チャネル 1 4、1 4…と空気極チャネル 1 6、1 6…の断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、各燃料極チャネル 1 4、1 4…と各空気極チャネル 1 6、1 6…との境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状とした。

Best Available Copy



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 断面多角形状をした多数のハニカムチャネルが縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成し、

該ハニカム構造体のハニカムチャネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャネル列と、ハニカムチャネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャネル列と、ハニカムチャネル内壁面にセパレータが設けられたセパレータチャネル列とを順次積層状に形成すると共に、

前記燃料極チャネルと前記空気極チャネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャネルと空気極チャネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状としたことを特徴とするハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

【請求項 2】 前記ハニカム構造体の固体電解質材料がイットリア安定化ジルコニア又はスカンジウム安定化ジルコニアあるいはセリアのいずれか選択された一種であることを特徴とする請求項 1 に記載されるハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

【請求項 3】 前記ハニカム構造体のセパレータがランタンクロマイト又は該ランタンクロマイトのランタンやクロムの一部をアルカリ土類金属やニッケルで置換した酸化物のいずれか選択された一種であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載されるハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

【請求項 4】 断面多角形をした多数のハニカムチャネルが縦横に列設されるハニカム構造体の各ハニカムチャネル列間のハニカム構造壁を固体電解質材料によるものとセパレータ材料によるものとで交互に形成し、該ハニカム構造体のハニカムチャネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャネル列と、ハニカムチャネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャネル列とを順次積層状に形成すると共に、

前記燃料極チャネルと前記空気極チャネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャネルと空気極チャネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状としたことを特徴とするハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

【請求項 5】 前記ハニカム構造体の固体電解質材料がイットリア安定化ジルコニア又はスカンジウム安定化ジルコニアあるいはセリアのいずれか選択された一種であることを特徴とする請求項 4 に記載されるハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

【請求項 6】 前記ハニカム構造体のセパレータ材料がランタンクロマイト又は該ランタンクロマイトのランタンやクロムの一部をアルカリ土類金属やニッケルで置換した酸化物のいずれか選択された一種であることを特徴とする請求項 4 乃至 5 に記載されるハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

【請求項 7】 前記ハニカム構造体が固体電解質材料と

セパレータ材料の二種類の材料により一体的に押出成形されたものであることを特徴とする請求項 4 乃至 6 に記載されるハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池に関し、さらに詳しくは、断面多角形状をした多数のハニカムチャネルが縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成すると共に、各ハニカムチャネル内壁面に燃料極、空気極、セパレータを設けた固体電解質型燃料電池（以下、「SOF C」と称する）、あるいはハニカム構造体のハニカム構造壁を固体電解質材料と導電性材料（セパレータ）により一体的に形成したハニカム一体構造のSOF Cに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 固体電解質型燃料電池（SOF C）は、電解質材料としてリン酸水溶液や熔融炭酸塩等といった液体状材料の代わりにイオン導電性を有する固体材料が用いられたものであり、他の燃料電池に比べて発電効率がよく、排熱温度が高いという特性を有している。これによれば、効率的な利用が可能な発電システムを構築できるため、固体電解質型燃料電池（SOF C）は、近年特に注目を浴びている。

【0003】 このSOF Cの構造としては、単電池を多数積層した積層構造が一般的であるが、これは各単電池の電圧が1 V以下と低いためである。したがって、SOF Cを実用化するためには、各単電池が複数直列に接続された積層構造にする必要があるが、さらに電池を大容量化するためには、積層段数を増やす他、多数の電池を並列に接続して集積化することが必要になる。この集積構造としては、平板型SOF C及び円筒型SOF Cが周知の技術としてよく知られている。

【0004】 このうち、平板型SOF Cは、一般的に図10に示す全体構造を有しており、このSOF Cを構成する各単電池の構造としては、イットリア安定化ジルコニア（ $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ ）材料あるいはスカンジウム安定化ジルコニア（ $Sc_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ ）材料による固体電解質板100の両面にニッケル-サーメット系材料による燃料極102及びランタンストロンチウムマンガナイト系材料による空気極104の薄膜がコーティングされた単電池106がランタンクロマイト系セラミックス材料もしくは耐熱金属材料によるセパレータ108を介して積層された多層構造のものが良好な導電機能を有するものとして既に提案されている。

【0005】 そしてこの多層構造を利用して大容量の燃料電池を得るには、さらに多数の単電池及びこれらの単電池を積層するための電気的な接続部材（平板型SOF Cではセパレータ、円筒型SOF CではNiフェルトが

用いられている)が必要になる。

【0006】しかしながら、このように従来一般に知られる積層タイプのSOF Cでは単電池とセパレータとが別個の部材となり、これらの組立工程が必要になるばかりでなく、燃料ガス供給管や空気供給管なども配設する必要があることから多数の部材が必要になり、コストアップにつながるという欠点がある。また、平板型SOF Cの場合、各単電池の接続部材(セパレータ)にガス通路が設けられるがその形状は複雑なため、製造工程にコストがかかり、結果としてセパレータが高価になるという問題がある。また、円筒型SOF Cの場合、各単電池は電気化学蒸着(EVD)等の高価な薄膜製造プロセスにより製造されるため、単電池そのものが極めて高価なものになるという問題がある。

【0007】さらに、上述の平板型SOF Cにあってはセパレータのガス通路が複雑になると、圧力損失が大きくなる上、各単電池がジルコニアの薄板により形成されるため、構造強度が弱くなってしまう。また、円筒型SOF Cにあっては各単電池が多孔質空気極の円筒により形成されるため、やはり構造強度が弱くなってしまう。

加えて、平板型/円筒型SOF Cの各単電池間の電気的接続は接触のみであるため、この接触抵抗による電力ロスが大きく、また、長期的にはこの部分での信頼性が低下するという問題も指摘されている。

【0008】また、平板型SOF Cの場合、積層構造にする製造上の都合から、各単電池とその接続部材(セパレータ)の熱膨張係数を一致させる必要があるとともに、ガスシールが難しいという欠点がある。

【0009】そこで、多数の単電池をより効率的に集積する構造として、各単電池間に接続部材を介設することなくハニカム構造体としたものが特公昭60-23301号公報に開示されている。このハニカム構造体は、ハニカム形状の固体電解質材料による各隔壁の両面に電極が設けられるとともに、各隔壁によって区切られた各空間をそれぞれ陽極層又は陰極層として機能させることにより所望の容量が得られるようにしたものである。

【0010】しかしながら、この特公昭60-23301号公報に開示されたハニカム構造体によれば、各隔壁によって交互に配置される陽極層と陰極層とを電気的に接続する接続部材に相当する構成部材が介設されていないため、個々に独立して隣接するはずの各単位電池の同極層同士がその間にある異極層に対して該同極の機能をもって作用するという不都合が発生することがある。そうするとその同極層同士は互いに電流が反対方向に流れるように機能することになり、結果として所望の電流及び電圧が取り出せなくなるという問題が発生する。また、端部で電気的接続を行った場合には、電流経路が長くなるため、高い発電性能は期待できない。

【0011】そこで、上述のような問題を解決するために、本願発明者は、特願平8-354848号におい

て、断面多角形状をした多数のハニカムチャンネルが縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成すると共に、ハニカムチャンネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面にセパレータ(インターコネクタ)が設けられたセパレータ(インターコネクタ)チャンネル列とを順次積層状に形成した固体電解質型燃料電池を提案している。図11は、その典型例であり、正形状に形成された燃料極チャンネル列14、14…、空気極チャンネル列16、16…、及びセパレータチャンネル列16、16…が順次積層されたハニカム構造体が表示されている。

【0012】また、特願平8-354849号においては、断面多角形をした多数のハニカムチャンネルが縦横に列設されるハニカム構造体の各ハニカムチャンネル列間のハニカム構造壁を固体電解質材料によるものとセパレータ(インターコネクタ)材料によるものとで交互に形成し、ハニカムチャンネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャンネル列とを順次積層状に形成した固体電解質型燃料電池を提案している。

【0013】特願平8-354848号に開示された方法によれば、各単位電池は、セパレータチャンネルで電気的に連結されるので、各単位電池を白金等の電極により連結する必要がなくなり、各単位電池の同極層同士がその間にある異極層に対して該同極の機能をもって作用するという不都合や、電流経路が長くなることに起因する発電性能の低下という不都合を回避できる。また、特願平8-354849号に開示された方法によれば、セパレータチャンネルが不要となるので、出力密度が向上すると同時に、接触抵抗による電力ロスを回避できるというものである。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ハニカム構造体の各チャンネルを一樣な形状、例えば正形状にした場合には、空気極部分、燃料極部分、及びセパレータ部分が一樣に交互に配列するため、結果的に燃料電池として動作する面の形状は単純な平面となり、電池の有効面積は、ハニカムの幅xハニカムの長さx積層段数で決まり、単位体積当たりの出力密度が低いという問題があった。

【0015】本発明の解決しようとする課題は、断面多角形状をした多数のハニカムチャンネルが縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成すると共に、各ハニカムチャンネル内壁面に燃料極、空気極、セパレータを設けたSOF C、あるいはハニカム構造体のハニカム構造壁を固体電解質材料と導電性材料(セパレータ)により一体的に形成したハニカム一体構造のSOF Cにおいて、燃料電池として動作する面を凹

10

20

30

40

50

凸にすることにより、電池の有効面積を増大させ、発電性能の高い SOFC を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明に係るハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池 (SOFC) は、断面多角形状をした多数のハニカムチャンネルが縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成し、該ハニカム構造体のハニカムチャンネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面にセパレータが設けられたセパレータチャンネル列とを順次積層状に形成すると共に、前記燃料極チャンネルと前記空気極チャンネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャンネルと空気極チャンネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状としたことを要旨とするものである。

【0017】その場合に前記固体電解質材料としては、従来一般に知られるイットリア安定化ジルコニア ( $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ ) の他、本願出願人による特開平 7-6774 号公報等 に示されるスカンジウム安定化ジルコニア ( $Sc_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ ) やセリア ( $CeO_2$ ) 等を適用することが最適である。また、前記ハニカム一体構造は、このジルコニア ( $ZrO_2$ ) を押し出し成形することにより形成される断面多角形状をした多数のハニカムチャンネルが一体的に形成されたジルコニアハニカム成形体とされた後、焼成処理を経てジルコニアハニカムとして得られるものである。

【0018】また、セパレータとしては、ハニカムチャンネルの内壁面にランタンクロマイト ( $LaCrO_3$ ) あるいはランタンクロマイト系に電子導電性、焼結性の改善のため、ランタン (La) やクロム (Cr) の一部をアルカリ土類金属やニッケル (Ni) で置換した酸化物 ( $La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ni_yO_3$  :  $x=0\sim 0.2$ ,  $y=0\sim 0.1$ ) 等を適用することが最適である。

【0019】さらに、前記燃料極チャンネルと前記空気極チャンネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャンネルと空気極チャンネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状とする。このような形状を有するハニカムは、押し出し用の金型を所望の形状とすることにより、容易に製造することができる。

【0020】そしてこのジルコニアハニカム構造体の燃料極チャンネル列及び空気極チャンネル列は、その一例として次のような手法により形成される。すなわち、燃料極チャンネル列の形成に際しては、他のチャンネル列のチャンネル孔をシールして塞いでおいて、燃料極を形成するハニカムチャンネルの内壁面にニッケル-イットリア安定化ジ

ルコニア ( $Ni-YSZ$ ) のスラリーを流すか、このスラリー材料中に浸漬してハニカムチャンネルの内壁面にそのスラリーを付着させる。そしてそのスラリーを乾燥させた後、焼成することにより燃料極チャンネル列が形成される。

【0021】また、空気極チャンネル列の形成に際しては、同様に他のチャンネル列のチャンネル孔を塞ぎ空気極を形成するハニカムチャンネルの内壁面にランタンストロンチウムマンガンナイト ( $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  :  $x=0.1\sim 0.4$ ) のスラリーを流す等して付着させ、乾燥・焼成することにより形成される。

【0022】さらに、セパレータチャンネル列を設ける場合も同様で、ハニカムチャンネルの内壁面にランタンクロマイト ( $LaCrO_3$ ) あるいはランタンクロマイト系に電子導電性、焼結性の改善のため、ランタン (La) やクロム (Cr) の一部をアルカリ土類金属やニッケル (Ni) で置換した酸化物 ( $La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ni_yO_3$  :  $x=0\sim 0.2$ ,  $y=0\sim 0.1$ ) のスラリーを流す等した後、乾燥・焼成することにより形成される。なお、焼成は最後に一度に行うようにしてもよい。

【0023】また、本発明の 2 番目は、断面多角形状をした多数のハニカムチャンネルが縦横に列設されるハニカム構造体の各ハニカムチャンネル列間のハニカム構造壁を固体電解質材料によるものとセパレータ材料によるものとで交互に形成し、該ハニカム構造体のハニカムチャンネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャンネル列とを順次積層状に形成すると共に、前記燃料極チャンネルと前記空気極チャンネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャンネルと空気極チャンネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状としたことを要旨とするものである。

【0024】その場合に前記固体電解質材料としては、イットリア安定化ジルコニア ( $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ )、スカンジウム安定化ジルコニア ( $Sc_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ )、セリア ( $CeO_2$ ) 等を適用することが最適である点、及びセパレータとしては、ランタンクロマイト ( $LaCrO_3$ ) あるいはランタンクロマイト系にランタン (La) やクロム (Cr) の一部をアルカリ土類金属やニッケル (Ni) で置換した酸化物 ( $La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ni_yO_3$  :  $x=0\sim 0.2$ ,  $y=0\sim 0.1$ ) 等を適用することが最適である点は、上述したとおりである。

【0025】また、前記ハニカム一体構造は、前記固体電解質材料とセパレータ材料とをそれぞれ押出機の別々の注湯口より金型 (ダイス) へ押出すことにより固体電解質材料によるハニカムチャンネル壁とセパレータ材料によるハニカムチャンネル壁とが形成されるもので、これが

10

20

30

40

50

交互に積層状に形成される。そしてこのように断面多角形状をした多数のハニカムチャネルが一体的に形成されたジルコニア／ランタンクロマイトの2層構造から成るハニカム成形体とされた後、焼成処理を経てジルコニア／ランタンクロマイトのハニカム焼成体として得られるものである。

【0026】この場合に、押し出し成形により一体的に形成されるハニカム構造体のハニカムチャネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャネル列と、ハニカムチャネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャネル列とを順次積層状に形成すると共に、前記燃料極チャネルと前記空気極チャネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャネルと空気極チャネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状とする点も、上述したとおりである。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な一実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の一実施の形態に係るハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池(SOFC)の外観斜視図である。

【0028】同図に示すSOFC10は、固体電解質材料であるイットリア安定化ジルコニア( $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ )あるいはスカンジウム安定化ジルコニア( $Sc_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ )材料による押し出し成形処理、焼成処理を経て一体的に形成されたジルコニアハニカム構造体に、後述する燃料極、空気極及びセパレータ極が設けられることにより形成されるものである。

【0029】これによりこのSOFC10は、断面が長方形形状をした両端が開放される多数のハニカムチャネル12、12…が縦横に列設された構造になっている。ハニカム構造体の肉厚は、押出成形により薄肉化が可能となり、0.1mm～0.3mmの厚みとなっている。

【0030】そしてこのジルコニアハニカム構造体には横方向に同極のハニカムチャネルあるいはセパレータチャネルが配列され、縦方向に単電池を構成する燃料極チャネル列14、14…と、空気極チャネル列16、16…と、各単電池を電気的に接続するセパレータチャネル列18、18…とが順次積層状に形成された構成とされている。同図においてはセパレータチャネル列18、18…を介して単電池が4段積層された構造が示されている。

【0031】まず、燃料極チャネル列14、14…は、ハニカムチャネル内壁面20、20…に燃料極(アノード：一極)としてニッケル-イットリア安定化ジルコニア( $Ni-YSZ$ )のスラリーがコーティングされてなるものであり、このコーティングが施されたハニカムチャネル内壁面20、20…により形成される断面長方形形状の空間は、水素( $H_2$ )ガスが流れる燃料ガス流路22、22…としての機能を有している。

【0032】空気極チャネル列16、16…は、ハニカムチャネル内壁面20、20…に空気極(カソード：+極)としてランタンストロンチウムマンガナイト( $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ ： $x=0.1\sim0.4$ )のスラリーがコーティングされてなるものであり、このコーティングが施されたハニカムチャネル内壁面20、20…により形成される断面長方形形状の空間は、空気が流れる空気流路24、24…としての機能を有している。

【0033】セパレータチャネル列18、18…は、ハニカムチャネル内壁面20、20…に単電池を直列に接続する導電体であるセパレータとしてランタンクロマイト( $LaCrO_3$ )あるいはランタンクロマイト系に電子導電性、焼結性の改善のため、ランタン(La)やクロム(Cr)の一部をアルカリ土類金属やニッケル(Ni)で置換した酸化物( $La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ni_yO_3$ ： $x=0\sim0.2$ 、 $y=0\sim0.1$ )のスラリーがコーティングされてなるものである。

【0034】さらに、セパレータチャネル列18、18…の断面は、ガスを通じる必要がないので、大きさの等しい横長の長方形形状とし、断面積を縮小しているのに対し、燃料極チャネル列14、14…と空気極チャネル列16、16…とは、大きさの異なる長方形が交互に並んだ状態になっている。

【0035】そのため、燃料極チャネル列14、14…と空気極チャネル列16、16…とは、横方向の隔壁と、縦方向の隔壁の一部で仕切られることになり、横方向の隔壁のみならず、縦方向の隔壁の一部も電池として動作する。これにより、従来のように正方形の断面を有するチャネル列を列設した構造と異なり、電池の有効面積を約2倍とすることが可能となる。よって、反応面積が増大し、電池を大面積化したのと同じ効果が得られるため、発電性能を向上させることができる。

【0036】図2は、図1に示したハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池(SOFC)の正面拡大図であり、燃料極チャネル列14、14…(A)、空気極チャネル列16、16…(C)、セパレータチャネル列18、18…(S)、ハニカムチャネル内壁面20、20…、燃料ガス流路22、22…及び空気流路24、24…等が拡大して示されている。

【0037】なお、セパレータチャネル列18、18…のイットリア安定化ジルコニア(YSZ)層に電子導電性を持たせる場合には、チタン(Ti)、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、テルビウム(Tb)、セリウム(Ce)、ネオジム(Nd)、イリジウム(Ir)、マンガン(Mn)、バナジウム(V)等の一種類もしくは複数元素をドーブすればよい。

【0038】また、SOFC10の界面抵抗を減少させるためには、燃料極チャネル列14、14…、及び空気極チャネル列16、16…の内壁に、パラジクロロアンミン白金等の白金錯体水溶液を利用して白金(Pt)薄

膜を予めコーティングすればよい。さらに、その直流抵抗を減らすようにするには、空気極チャンネル列 16, 16…にランタンストロンチウムマンガナイト ( $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ) だけでなく、さらにその内壁にランタンストロンチウムコバルタイト ( $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ) をコーティングすればよい。

【0039】このような構成を有する SOFC 10 の製造方法について説明する。まず、この SOFC 10 に供される固体電解質材料の製造方法について説明すると、初めにその主材料であるジルコニア ( $\text{ZrO}_2$ ) の粉末粒子と安定化材料であるイットリア ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) の粉末粒子とを適当な配合比率で混合する。この混合粉末の平均粒径は  $3\mu\text{m}$  程度である。また、ジルコニア・イットリアの混合粉末を調整する方法として、ゾルゲル法や共沈法などの液相製造プロセスを適用すれば不純物が少なく、均一な混合粉末を得ることができる。

【0040】次にこの混合粉末に成形用バインダーを添加し、焼成後の大きさが  $10\text{cm} \times 10\text{cm}$  程度の大きさの断面で長さが  $20\text{cm}$  程度の大きさとなる直方体に成形し、その直方体の断面に大きさの異なる長方形をした多数のハニカムチャンネル 12, 12…が両端開放状態で形成されるように押し出し成形する。このハニカムチャンネル 12, 12…は、ハニカムチャンネル間の壁の肉厚が上述と同様に焼成後に  $0.1 \sim 0.3\text{mm}$  程度になるように成形される。

【0041】そしてこのジルコニアハニカム成形体を  $1500^\circ\text{C} \sim 1700^\circ\text{C}$  の温度で焼成すれば、イットリア ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) がジルコニア ( $\text{ZrO}_2$ ) 中に固溶化されたイットリア安定化ジルコニア (YSZ) 材料から成るジルコニアハニカムが得られる。

【0042】次にこのジルコニアハニカムに燃料極、空気極あるいはセパレータを形成するに当たっては、いわゆるスラリーコーティング法が採られる。すなわち、セパレータチャンネル列 18, 18…の形成に際しては、他のチャンネル列のチャンネル孔をシールして塞いでおいて、セパレータチャンネルを形成するハニカムチャンネルの内壁面にランタンクロマイト ( $\text{LaCrO}_3$ ) あるいはランタンクロマイト系に電子導電性、焼結性の改善のため、ランタン (La) やクロム (Cr) の一部をアルカリ土類金属やニッケル (Ni) で置換した酸化物 ( $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Ni}_y\text{O}_3$ ;  $x=0 \sim 0.2$ ,  $y=0 \sim 0.1$ ) のスラリーを流しこむ。

【0043】また、燃料極チャンネル列 14, 14…の形成に際しては、同様に他のチャンネル列のチャンネル孔をシールして塞いでおいて、燃料極を形成するハニカムチャンネルの内壁面にニッケル (Ni) 40 重量%-ジルコニア ( $\text{ZrO}_2$ ) 60 重量%のニッケル-イットリア安定化ジルコニア (Ni-YSZ) 粉末を泥状にしたスラリーを  $50\mu\text{m}$  程度の厚さになるように流すか、このスラリー材料中に浸漬してハニカムチャンネルの内壁面にそ

のスラリーをやはりその厚さが  $50\mu\text{m}$  程度になるように付着させる。そしてそのスラリーを乾燥させた後、 $1200^\circ\text{C} \sim 1400^\circ\text{C}$  の温度で焼成することにより燃料極チャンネル列 14, 14…が形成される。

【0044】さらに、空気極チャンネル列 16, 16…の形成に際しては、同様に他のチャンネル列のチャンネル孔を塞ぎ空気極を形成するハニカムチャンネルの内壁面にランタンストロンチウムマンガナイト ( $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ ;  $x=0.1 \sim 0.4$ ) のスラリーをその厚さが  $50\mu\text{m}$  程度になるように流して付着させる。そして、それを乾燥し、 $1150^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$  程度の温度で焼成すれば、空気極チャンネル列 16, 16…が形成される。尚、空気極の材料の配合比率としては、ランタン 90~60 モル%に対し、ストロンチウム 10~40 モル%程度とするのが適当である。

【0045】尚、焼成は、焼成温度の高い順序、すなわち、セパレータチャンネル列 18, 18…、燃料極チャンネル列 14, 14…、及び空気極チャンネル列 16, 16…の順に行うようにすることが望ましいが、各チャンネル列の内壁面に塗布する材料の組成によっては、予め全てのチャンネル列にスラリーを塗布した後、最後に一度に行うようにしてもよい。

【0046】また、安定化材料としてスカンジウム (Sc) の粉末粒子を適用する場合には、特開平 7-6774 号公報に開示されているようにジルコニア ( $\text{ZrO}_2$ ) とスカンジウム ( $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) とを、スカンジウム ( $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) の配合比率が 8~15 モル%になるように調整すればよい。

【0047】図 3 は、図 1 及び図 2 に示したハニカム一体構造の SOFC 10 が実際に燃料電池として使用されるときその全体構成を示す分解斜視図である。同図に示すように SOFC 10 は、上述のハニカム構造体の開放両端にそれぞれ押え板 26a, 26b を介して燃料ガスや空気を供給するガス供給板 28a と燃料ガスや空気を排出するガス排出板 28b が設けられている。そして、押え板 26a にはそれぞれ図 4 に示すように燃料ガス導入孔 30, 30…及び空気導入孔 32, 32…がそれぞれ図 1 に示したハニカム構造体の燃料極チャンネル列 14, 14…のチャンネル及び空気極チャンネル列 16, 16…のチャンネルに対応して横一列に設けられている。

【0048】そしてガス供給板 28a には、燃料ガス ( $\text{H}_2$ ) をこの SOFC 10 に導入するための燃料ガス導入管 34 と、同じくこの SOFC 10 に空気ガス (Air) を導入するための空気導入管 36 が取り付けられる。また、ガス排出板 28b には、この SOFC 10 に導入された燃料ガス ( $\text{H}_2$ ) を排出するための燃料ガス排出管 38 と、同じくこの SOFC 10 に導入された空気を排出するための空気排出管 40 がそれぞれ設けられている。

【0049】すなわち、前記燃料ガス導入孔 30, 30

10

20

30

40

50



…は、燃料極チャネル列 14, 14…の各ハニカムチャネルの燃料ガス流路 22, 22…に連通して設けられ、また、空気導入孔 32, 32…は、空気極チャネル列 16, 16…の各ハニカムチャネルの空気流路 24, 24…に連通して設けられている。同様に、押え板 26b には、燃料ガス排出孔 42, 42…と空気排出孔 44, 44…とが各々燃料ガス流路 22, 22…と空気流路 24, 24…とに連通して設けられている。

【0050】またガス供給板 28a には、図 5 に示すように、櫛歯状の燃料ガス供給路 46 が設けられており、これは、燃料ガス導入管 34 を介して導入される燃料ガス ( $H_2$ ) を燃料ガス導入孔 30, 30…を介して燃料極チャネル列 14, 14…の各チャネル内に形成される燃料ガス流路 22, 22…へ供給するものである。また、このガス供給板 28a には前記燃料ガス供給路 46 と互い違いに交差するように、やはり櫛歯状の空気供給路 48 が設けられており、これにより、空気導入管 36 を介して導入される空気が空気導入孔 32, 32…を介して空気極チャネル列 16, 16…の各チャネル内に形成される空気流路 24, 24…へ供給されるようになっている。

【0051】また、ガス排出板 28b には、燃料ガス流路 22, 22…から燃料ガス排出孔 42, 42…を介して燃料ガス排出管 38 へ反応後のガスを排出する燃料ガス排出路 50 が設けられるとともに、空気流路 24, 24…から空気排出孔 44, 44…を介して空気排出管 40 へ反応後の空気を排出するやはり櫛歯状の空気排出路 52 が設けられており、これにより、空気導入管 36 や燃料ガス導入管 34 を介して導入された空気や燃料ガスの反応後の各ガスが空気排出管 40 及び燃料ガス排出管 38 から排出されるようになっている。

【0052】したがって、空気導入管 36、空気供給路 48、空気導入孔 32、空気流路 24, 24…、空気排出孔 44, 44…、空気排出路 52、空気排出管 40 は連通して設けられて空気流路を構成することになり、一方、燃料ガス導入管 34、燃料ガス供給路 46、燃料ガス導入孔 30, 30…、燃料ガス流路 22, 22…、燃料ガス排出孔 42, 42…、燃料ガス排出路 50、燃料ガス排出管 38 もやはり連通して設けられて燃料ガス流路を構成することになる。

【0053】そして実際に使用される際には、例えば、図 3 に矢示する A 方向に電流が取り出されることになるが、この場合には SOFC 10 の側面に図 6 に示すような電極端子板 54, 56 が取り付けられることになる。

【0054】上記した構成において、固体電解質型燃料電池 (SOFC) の発電メカニズムは次の通りである。すなわち、空気導入管 36 から導入される空気が空気供給路 48、空気導入孔 32, 32…を経て SOFC 10 の空気極チャネル列 16, 16…の空気極 ( $La_{1-x}Sr_xO_3$ ) と接触すると、その空気極チャネル列 1

6, 16…で酸素イオン ( $O^{2-}$ ) が生成される。

【0055】そうするとこの空気極チャネル列 16, 16…の空気極で発生した酸素イオン ( $O^{2-}$ ) が対応する燃料極チャネル列 14, 14…の対応するハニカムチャネル内の燃料極に向けてハニカムチャネル 12, 12…の壁内部を移動し、その対応する燃料極チャネル列 14, 14…の燃料極に到達する。

【0056】一方、燃料極チャネル列 14, 14…の燃料ガス流路 22, 22…には、やはり、燃料ガス導入管 34 から導入される水素ガス ( $H_2$ ) がガス供給板 28a の燃料ガス供給路 46 を経て流れているので、空気極チャネル列 16, 16…から移動してきた酸素イオン ( $O^{2-}$ ) がその水素ガス ( $H_2$ ) と反応して水蒸気 ( $H_2O$ ) となり、電子が放出される。これにより発電状態が得られる。そして反応後の空気及び燃料ガスは、各々空気排出管 40 及び燃料ガス排出管 38 を通って排出される。

【0057】図 6 は、上述のハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池 (SOFC) を適用した 2kW モジュールの分解斜視図であり、断面四角形状の SOFC 10 (10cm×10cm×20cm) が 4 つ組み合わされて構成されている。その出力電力は 1 つ当たり 500W であり、図 1 に示したものと同様な発電メカニズムによって発電状態が得られるものである。図 6 に示すように SOFC 10 の外側表面には電極端子板 54, 56 がそれぞれ対向して設けられており、発電された電気はこれらの電極端子板 54, 56 から、例えば矢示する B 方向に取り出される。

【0058】すなわち、同図において SOFC 10 の下部に図示する部材には燃料ガス供給路 46 や空気供給路 48 の他、空気導入管 36 や燃料ガス導入管 34 等が設けられ、上述した押え板 26a とガス供給板 28a とを組み合わせたような構成になっている。さらに、SOFC 10 の上部に図示する部材には、空気排出管 40 や燃料ガス排出管 38 の他、図示せぬ燃料ガス排出路 50 や空気排出路 52 等が設けられ、上述した押え板 26b とガス排出板 28b とを組み合わせたような構成になっている。

【0059】SOFC 10 を適用してさらに大容量の電力を得るには、図 7 に示すように、図 6 に示した 2kW モジュールを空気／燃料ガス流路に沿った方向に 5 つ積層して 10kW モジュールとし、これにより得られた 10kW モジュールを積層した方向の大きさが変わらないように 4 つ組み合わせてさらに大きな断面四角形状を呈する構成にする。各モジュールを組み合わせる際にはブスパー 58 等の各種の接続部材を用いたり、空気導入管 36 や空気排出管 40 に接続部材としての機能をもたせるようにすることができる。

【0060】次に、本発明の他のハニカム構造の断面形態についての実施例について図 8 及び図 9 を参照して説

10

20

30

40

50

明する。これら図8及び図9に示されるハニカム一体構造は、いずれも図1に示したものと同様に押し出し成形処理及び焼成処理を経て一体的に成形されるものである。

【0061】同図に示すSOFC10は、固体電解質材料であるイットリア安定化ジルコニア( $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ )あるいはスカンジウム安定化ジルコニア( $Sc_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ )材料から形成されるジルコニア構造壁11、11…と、セパレータ材料であるランタンクロマイト( $LaCrO_3$ )材料から形成されるセパレータ構造壁19、19…とが所定の肉厚で交互に形成されたものが押し出し成形処理、焼成処理を経て一体的に形成されたジルコニアハニカム構造体に、後述する燃料極及び空気極が設けられることにより形成されるものである。

【0062】また、図示はしないが、SOFC10の界面抵抗を減少させるためにはパラジクロロアンミン白金等の白金錯体水溶液を利用して白金(Pt)薄膜が予めコーティングされる。さらに、その直流抵抗を減らすようにするには、空気極チャンネル列16、16…にランタンストロンチウムマンガナイト( $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ )だけでなく、さらにその内壁にランタンストロンチウムコバルタイト( $La_{1-x}Sr_xCoO_3$ )がコーティングされる。

【0063】これによりこのSOFC10は、断面長方形形状をした両端が開放される多数のハニカムチャンネル12、12…が縦横に列設された構造になっている。ハニカム構造体の肉厚は、押出成形により薄肉化が可能となり、0.1mm~0.3mmの厚みとなっている。

【0064】そしてこのジルコニアハニカム構造体には横方向に同極のハニカムチャンネルが配列され、縦方向に単電池を構成する燃料極チャンネル列14、14…と、空気極チャンネル列16、16…とが順次積層状に交互に形成されると共に、燃料極チャンネル列14、14…及び空気極チャンネル列16、16…は、大きさの異なる長方形が交互に並んだ構造になっている。同図においてはセパレータ構造壁19、19…を介して固体電解質材料(ジルコニア)から成る単電池が5段積層された構造が示されている。

【0065】まず、燃料極チャンネル列14、14…は、ハニカムチャンネル内壁面20、20…に燃料極(アノード：-極)としてニッケル-イットリア安定化ジルコニア(Ni-YSZ)のスラリーがコーティングされてなるものであり、このコーティングが施されたハニカムチャンネル内壁面20、20…により形成される断面長方形形状の空間は、水素( $H_2$ )ガスが流れる燃料ガス流路22、22…としての機能を有している。

【0066】また、空気極チャンネル列16、16…は、ハニカムチャンネル内壁面20、20…に空気極(カソード：+極)としてランタンストロンチウムマンガナイト

( $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  :  $x=0.1\sim0.4$ )のスラリーがコーティングされてなるものであり、このコーティングが施されたハニカムチャンネル内壁面20、20…により形成される断面長方形形状の空間は、空気が流れる空気流路24、24…としての機能を有している。

【0067】セパレータ構造壁19、19…の材料としては、ランタンクロマイト( $LaCrO_3$ )あるいはランタンクロマイト系に電子導電性、焼結性の改善のため、ランタン(La)やクロム(Cr)の一部をアルカリ土類金属やニッケル(Ni)で置換した酸化物( $La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ni_yO_3$  :  $x=0\sim0.2$ ,  $y=0\sim0.1$ )が用いられる。

【0068】図9は、図8に示したハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池(SOFC)の正面拡大図であり、ジルコニア構造壁11、11…とセパレータ構造壁19、19…とにより挟まれる2列からなるハニカムチャンネル列には燃料極チャンネル列14、14…(A)及び空気極チャンネル列16、16…(C)が形成されている。そして燃料極チャンネル列14、14…には燃料極がコーティングされ、空気極チャンネル列16、16…には空気極がコーティングされている。また、同図には、ハニカムチャンネル内壁面20、20…、燃料ガス流路22、22…及び空気流路24、24…等が拡大して示されている。

【0069】このような構成を有するSOFC10の製造方法について説明する。まず、このSOFC10に供される固体電解質材料の製造方法について説明すると、初めにその主材料であるジルコニア( $ZrO_2$ )の粉末粒子と安定化材料であるイットリア( $Y_2O_3$ )の粉末粒子とを適当な配合比率で混合する。この混合粉末の平均粒径は3 $\mu$ m程度である。なお、安定化材料としてスカンジウム(Sc)の粉末粒子を適用する場合には、ジルコニア( $ZrO_2$ )に対してスカンジウム( $Sc_2O_3$ )の配合比率が8~15モル%になるように調製すればよい点は、上述したとおりである。

【0070】次に、セパレータ材料の製造方法について説明する。ランタンクロマイト( $LaCrO_3$ )あるいはランタンクロマイト系に電子導電性、焼結性の改善のため、ランタン(La)やクロム(Cr)の一部をアルカリ土類金属やニッケル(Ni)で置換した酸化物( $La_{1-x}Ca_xCr_{1-y}Ni_yO_3$  :  $x=0\sim0.2$ ,  $y=0\sim0.1$ )の粉末粒子を調製する。ゾルゲル法や共沈法などの液相製造プロセスを適用すれば不純物が少なく、均一な混合粉末を得ることができる。

【0071】このようにして、イットリア安定化ジルコニア材料とランタンクロマイト材料とをハニカム構造体の断面形状を有する金型(ダイス)がセットされる押出機により同時に別々の注湯口より押出す。これにより、焼成後の大きさが縦横10cm×10cm程度の大きさ



になり、しかも大きさの異なる長方形のハニカムチャンネル 12、12…が交互に配列した成形体が押し出し成形される。このハニカムチャンネル 12、12…は、焼成後にその肉厚が 0.1~0.3mm 程度になるように成形される。

【0072】そしてこのジルコニア／ランタンクロマイトのハニカム成形体を 1500℃~1700℃の温度で焼成する。これによりイットリア ( $Y_2O_3$ ) がジルコニア ( $ZrO_2$ ) 中に固溶化されたイットリア安定化ジルコニア (YSZ) 材料及びランタンクロマイト材料から成るジルコニア／ランタンクロマイトのハニカム焼成体が得られる。

【0073】なお、得られたジルコニアハニカムに対し、スラリーコーティング法により、燃料極及び空気極を形成する点は、上述と同様である。これにより、大きさの異なる長方形が交互に並んだ燃料極チャンネル列 14、14…及び空気極チャンネル列 16、16…を有し、しかも、一つの単位電池の燃料極チャンネル列 14、14…と、他の一つの単位電池の空気極チャンネル列 16、16…とが、ランタンクロマイトからなる隔壁で仕切られた SOFC を得ることが可能となる。

【0074】このようにして得られた SOFC は、燃料極チャンネル列 14、14…と空気極チャンネル列 16、16…とは、横方向の隔壁と、縦方向の隔壁の一部で仕切られることになり、横方向の隔壁のみならず、縦方向の隔壁の一部も電池として動作する。これにより、従来のように正方形の断面を有するチャンネル列を列設した構造と異なり、電池の有効面積を約 2 倍とすることが可能となる。よって、反応面積が増大し、電池を大面積化したのと同じ効果が得られるため、発電性能を向上させることができる。

【0075】以上本発明の各実施例について説明したが、上述のように、大きさの異なる大小の長方形を交互に配置した燃料極チャンネル列及び空気極チャンネル列を設けることにより、発電性能を向上させることができ、しかも、ハニカム構造体をジルコニア及びランタンクロマイト材料を用いて一体的に構成すると、積層電池内に別個の構成部材の接触部が必要なくなり、接触抵抗による電力ロスが少なくなる。また、各積層電池内の燃料ガス流路や空気流路は、直線状の流路になるから圧力損失が少なくなるという利点がある。

【0076】さらに、ジルコニア／ランタンクロマイトのハニカム構造体は、イットリア安定化ジルコニア (YSZ) あるいはスカンジウム安定化ジルコニア (ScSZ) のみから成るジルコニアハニカムよりも電池抵抗が低く、高出力化が図られることになる。また、各積層体の薄型化が図られれば、電池の発電電力密度が増加することになるため、材料面及び構造面の両面から材料の高性能化が図られることになる。

【0077】さらに、固体電解質型燃料電池 (SOF

C) 自体は、多数のハニカムチャンネルから構成される薄肉の構造体であるが、一体的に構成されることが極めて高い構造強度に寄与している。このため、セリア ( $CeO_2$ ) などのように、比較的強度が低い材料でも、信頼性が高い構造体が形成される。また、ガスシール特性に関しては、燃料ガス流路や空気流路に沿った内壁面は外雰囲気に対して完全にガスシールが実現されるからガスシールのための特別な構造は必要なくなるという設計上の利点がある。一方、断面多角形状をした両端面はガスシールが必要であるが、シールされる部位は大きさが異なるとはいえ、規則的な形状をしているからガスシールは容易である。

【0078】尚、本発明は、上記した実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の改変が可能である。例えば、上記の実施例においてはハニカム構造体のジルコニア構造壁の材料として、イットリア安定化ジルコニア ( $Y_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ ) あるいはスカンジウム安定化ジルコニア ( $Sc_2O_3$  Stabilized  $ZrO_2$ ) を適用するようにしたが、これに限られる事なく、イッテルビウム (Yb) をドーブしたジルコニア ( $ZrO_2$ ) 等の固体電解質や、カドリウム (Gd)、サマリウム (Sm)、イットリウム (Y) をドーブした酸化セリウム ( $CeO_2$ ) 等、酸素イオン ( $O^{2-}$ ) を透過する固体電解質が一般に適用できる。

【0079】

【発明の効果】本発明のハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池 (SOFC) は、断面多角形状をした多数のハニカムチャンネルが縦横に列設されるハニカム構造体を固体電解質材料により一体的に形成し、該ハニカム構造体のハニカムチャンネル内壁面に燃料極が設けられた燃料極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面に空気極が設けられた空気極チャンネル列と、ハニカムチャンネル内壁面にセパレータが設けられたセパレータチャンネル列とを順次積層状に形成すると共に、前記燃料極チャンネルと前記空気極チャンネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャンネルと空気極チャンネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状としたので、電池の有効面積を約 2 倍に増やすことができ、電池を大面積化したのと同じ効果が得られる。

【0080】また、ハニカム構造壁を固体電解質材料によるものとセパレータ材料によるものとで交互に一体的に形成し、そこに燃料極チャンネル列と空気極チャンネル列とを積層状に形成すると共に、前記燃料極チャンネルと前記空気極チャンネルの断面形状を夫々積層方向に交互に大小組み合わせ、該各燃料極チャンネルと空気極チャンネルとの境界の電池としての動作面を凹凸を持つ矩形平面形状としたので、電池の有効面積を約 2 倍に増やすことができ、電池を大面積化したのと同じ効果が得られる。しかも、ハニカム一体構造としたことにより、構造強度に優

れることはもとより、接触部を持たないことで、接触抵抗による電力ロスの低減、あるいはより一層の高出力化等を図ることができる。また、このSOFCのハニカム構造体は2種類の材料の同時の押出成形により一体的に製造され、また燃料極や空気極の形成も容易であるから大量生産も図られることから、その実用化が大いに期待されるものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係るハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）の外観斜視図である。

【図2】図1に示したハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）の正面拡大図である。

【図3】本発明の一実施の形態に係るハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）の分解斜視図である。

【図4】図3に示した押え板26a、26bの平面図である。

【図5】図3に示したガス供給板28a及びガス排出板28bの平面図である。

【図6】本発明の一実施の形態に係るハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）による4kWモジュールの分解斜視図である。

\* 【図7】本発明の一実施の形態に係るハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）による80kWスタックの組立構成図である。

【図8】本発明の他の実施の形態に係るハニカム構造を示す図である。

【図9】図8に示したハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）の正面拡大図である。

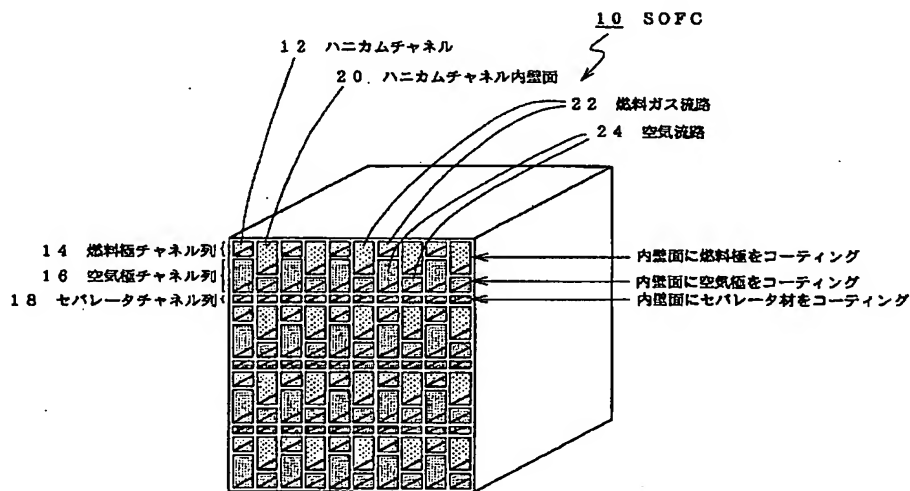
【図10】従来一般的に知られる積層構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）の外観斜視図である。

【図11】従来一般的に知られているハニカム一体構造の固体電解質型燃料電池（SOFC）の外観斜視図である。

#### 【符号の説明】

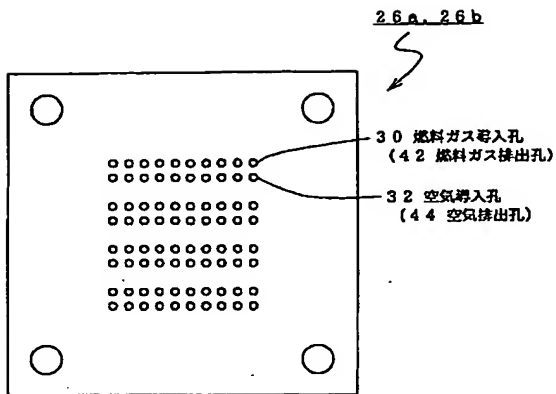
- 10 固体電解質型燃料電池（SOFC）
- 11 ジルコニア構造壁
- 12 ハニカムチャネル
- 14 燃料極チャネル列
- 16 空気極チャネル列
- 18 セパレータチャネル列
- 20 ハニカムチャネル内壁面
- 22 燃料ガス流路
- 24 空気流路

【図1】

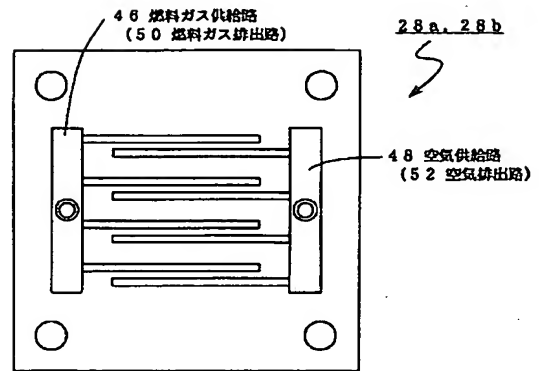




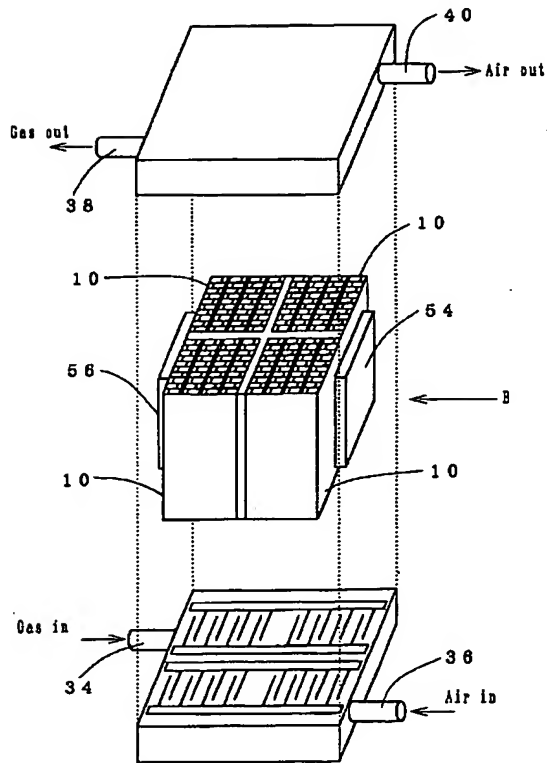
【図 4】



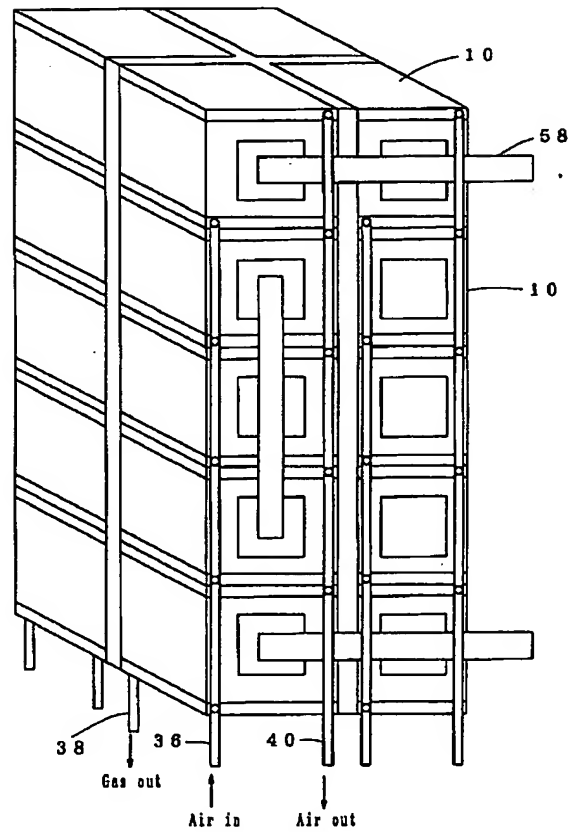
【図 5】



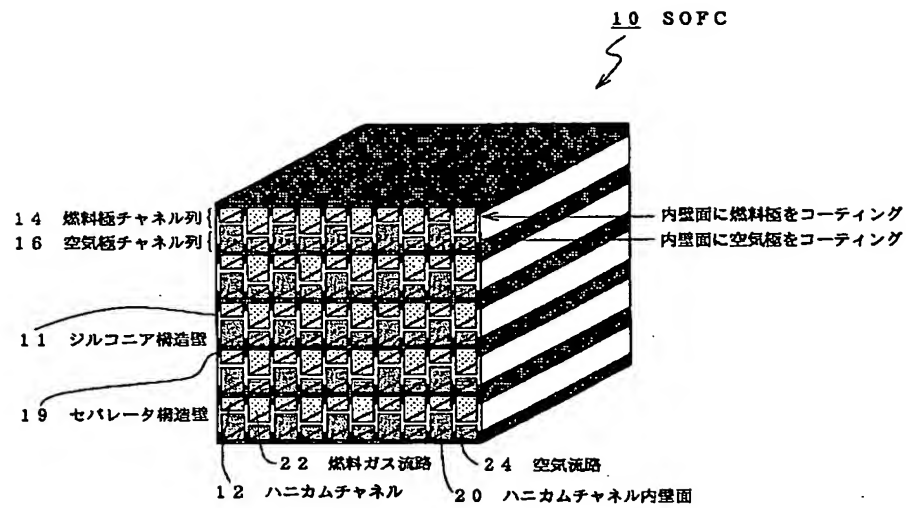
【図 6】



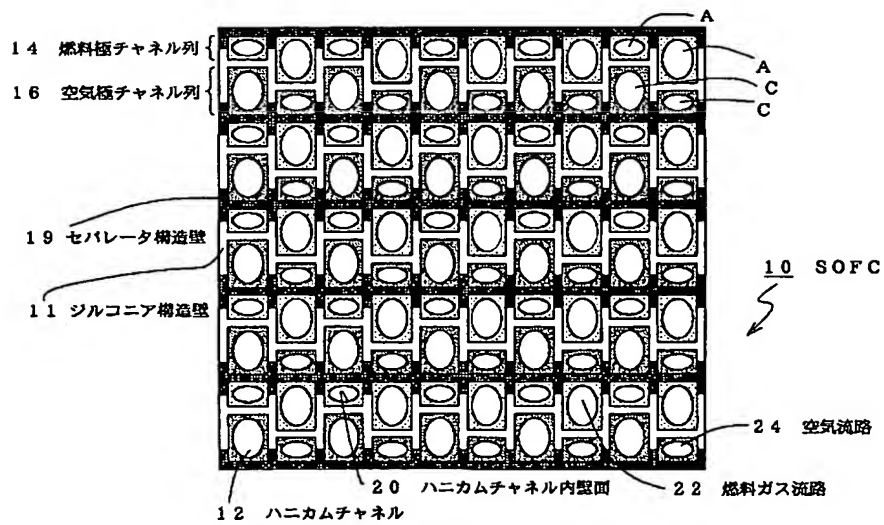
【図 7】



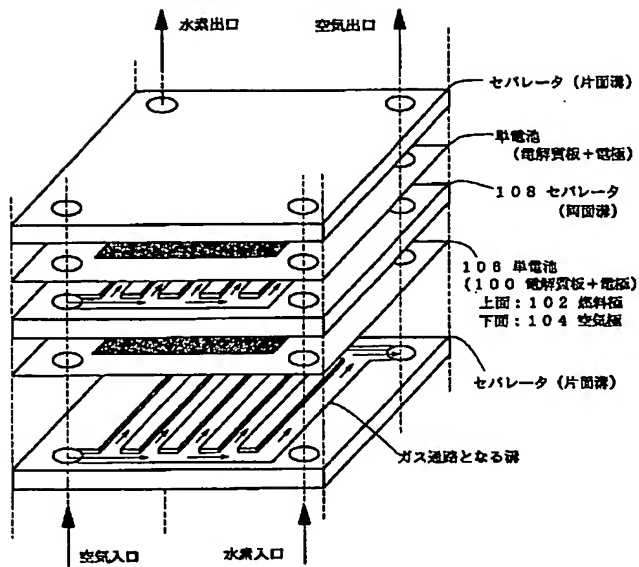
【図 8】



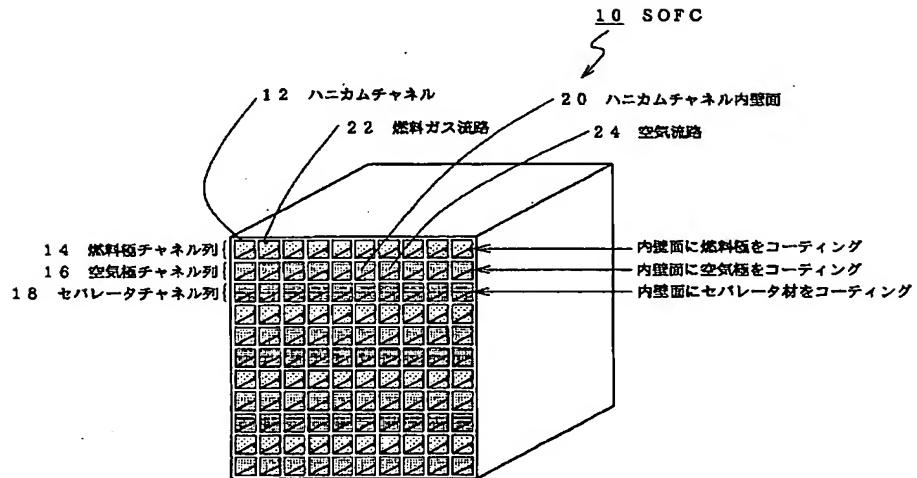
【図 9】



【図 10】



【図 11】



Best Available Copy